

K-6

同軸型 DBD プラズマアクチュエータと保炎器を用いた浮き上がり火炎に関する研究
 —誘起流れと循環流れによるバイオガスの浮き上がり火炎への影響—
 Study on lifted flame by a Coaxial Type DBD Plasma Actuator and flame holder
 - Influence of lifted flame using the biogas by induced flow and circulating flow -

○金子直弥¹, 徐波涛¹, 後藤雄大¹, 小川和将², 岡田大和², 秋元雅翔³, 木村元昭³*Naoya Kaneko¹, Xu Botao¹, Yudai Gotou¹, Kazumasa Ogawa², Yamato Okada², Masato Akimoto³, Motoaki Kimura³

Abstract : Jets are one of the factors related to improving the performance of important industrial products such as air conditioners and burners. In recent years, some research on fluid control using DBD-PA (Dielectric Barrier Discharge-Plasma Actuator) has been actively conducted. Depletion of fossil fuels has been cited as an environmental problem, and biogas, which is a renewable energy, is drawing attention. Produces pseudo-biogas with a mixture of flammable gas methane and carbon dioxide. In this study, DBD-PA and a flame holder are used to generate induced flow and circulating flow to control combustion gas. control the shape and behavior of the lifted flame by changing the shape of the flame holder and the drive frequency of the DBD-PA.

1. 緒言

噴流は空調やバーナーなどの重要な工業製品の性能向上に関わる要素の一つであり^[1], 近年 DBD-PA(Dielectric Barrier Discharge-Plasma Actuator)を利用した流体制御の研究が盛んに行われている^[2]. また環境問題として化石燃料の枯渇などがあげられており, 再生可能なエネルギーであるバイオガスが注目されている. 本研究では, 可燃性ガスのメタンと二酸化炭素の混合気体で擬似バイオガスを生成し, DBD-PA と保炎器を用いて誘起流れと循環流れを発生させ燃焼ガスの制御をする. 保炎器の形状, DBD-PA の駆動周波数を変えることで浮き上がり火炎の形状や挙動を制御する.

2. 実験装置・方法

本実験で使用する DBD-PA の断面図, 主噴流及び誘起流れの全体図を図 1 に示す. 誘電体の材質はマシナブルセラミックス, Ground 電極の材質をリン青銅として厚さ, 0.5mm の円筒状に加工したものを使用した. これを誘電体にはめ込み DBD-PA を構成した. ノズル出口内径は $d=8\text{mm}$ である. 実験装置の説明を次に示す. ファンクションジェネレータに入力した波形を, 高電圧電源に印加して電圧を増幅させて DBD-PA に印加電圧 16kV を印加する. 本装置では, 高電圧電極に高電圧を印加し Ground 電極に沿って上向きに発生する誘起流れを UP, 下向きに流れる誘起流れを DOWN とする. 本実験では UP を発生させる. ドーナツ型保炎器の形状は外径 8mm, 内径 2mm, 3mm, 厚さ 2mm を使用する. また外径 8mm,

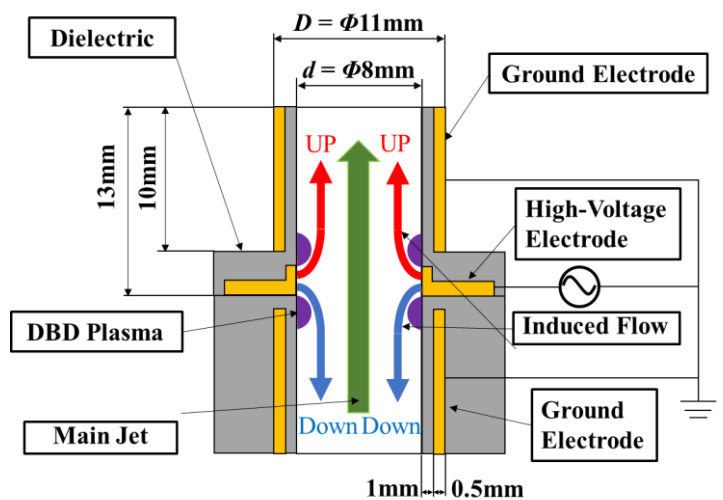


Fig.1 DBD-PA burner nozzle schematic diagram

厚さ 2mm の円盤型保炎器を使用する. ノズル鉛直上向きを x 軸とし, それぞれの保炎器を $x/d=1.5$ に設置した. 噴出気体はメタン 60%と二酸化炭素 40%の混合気とし, 各ボンベから送られてくる気体をフローコントローラで調節し, チャンバーで混合した気体をノズルから噴出させる. 実験条件として混合気の流速を 10m/s で固定し, 印加電圧を 16kV, バースト比 (DBD-PA の駆動時間, ON と OFF の比) を 50%とし, バースト周波数を 250~1750Hz の間で変化させて浮き上がり火炎の幅や火炎基部を比較する. ハイスピードカメラを用いて火炎の形状を撮影した. また, ノズル出口及び保炎器付近で発生する渦輪の生成過程を観察するため, トレーサ粒子に微粒化したオイルを使用して YAG レーザーでシート化して可視化し, ハイスピードカメラで撮影した.

1 : 日本大学・理工・機械 2 : 日本大学・院(前) 3 : 日本大学・教員・機械

3. 実験結果及び考察

火炎形状が最も変化した外径 8mm 厚さ 2mm の円盤型保炎器の結果を示す。図 2 は流速 10m/s, 印加電圧 16kV, プラズマ OFF, プラズマ UP(250Hz, 1300Hz)の火炎を 250fps で撮影した比較画像である。図 2 より, OFF と 250Hz, 1300Hz を比較すると OFF と 250Hz の火炎長は顕著に差が表れないが 1300Hz は火炎長が短くなっている。250Hz と 1300Hz の火炎幅について比較をする。250Hz に比べて 1300Hz では浮き上がり火炎の火炎基部での幅が太くなっている。DBD-PA の駆動周波数によって火炎基部での渦輪の形状や生成過程に変化があると考えられる。次の実験では図 2 の火炎基部をそれぞれの周波数と OFF における渦輪を可視化し, 渦輪の形状や生成過程について考察する。

図 3 は流速 10m/s, 印加電圧 16kV, プラズマ OFF, プラズマ UP(250Hz, 1300Hz)を条件として, 30000fps で渦輪を可視化した比較画像である。この図より, OFF と 250Hz のとき

$x/d=1.5$ 以降, 渦輪が崩壊していることが分かる。1300Hz では $x/d=2$ まで渦輪が維持されている。また, 1300Hz は OFF, 250Hz に比べ, 混合気が保炎器に衝突し拡散された後の噴流の幅が広いことも観察で

きた。保炎器付近で循環流れが発生しているためノズルから噴出された混合気が保炎器に衝突し内側に巻き込まれる。しかし, 1300Hz では渦輪が一定間隔で生成され, 保炎器近傍で合体していないため循環流れに巻き込まれず, 噴流が拡散されているので浮き上がり火炎の幅が広く火炎が安定していることが分かる。OFF と 250Hz は保炎器近傍で渦輪が合体し崩壊してしまうので拡散されずに循環流に巻き込まれてしまう。これらのことから火炎形状への影響を及ぼしている要因は渦輪が崩壊する場所であると考えられる。DBD-PA の駆動周波数 1300Hz では渦輪が一定間隔で生成され, さらに保炎器下流まで渦輪が崩壊せずに維持されることで噴流が拡散し, 浮き上がり火炎の幅が太くなったと考えられる。

4. 結論

- 1) DBD-PA で駆動周波数 1300Hz 付近では渦輪の生成間隔が一定で, 噴流が拡散されるため浮き上がり火炎の幅が太くなり火炎長は短くなる。
- 2) DBD-PA の駆動周波数 1300Hz 付近では主噴流の渦輪を制御できる。

5. 謝辞

本研究は一般財団法人パロマ環境技術開発財団研究助成金の助成を受けたものであり, 謝辞を表す。

6. 参考文献

- 1) 社河内敏彦:「噴流工学 基礎と応用」, 森北出版, pp.22, 2004.
- 2) 佐宗章弘:「可動部のない流体制御装置:プラズマアクチュエータ」, 日本機械学会誌, vol.110, No.1061, pp.58, 2007.

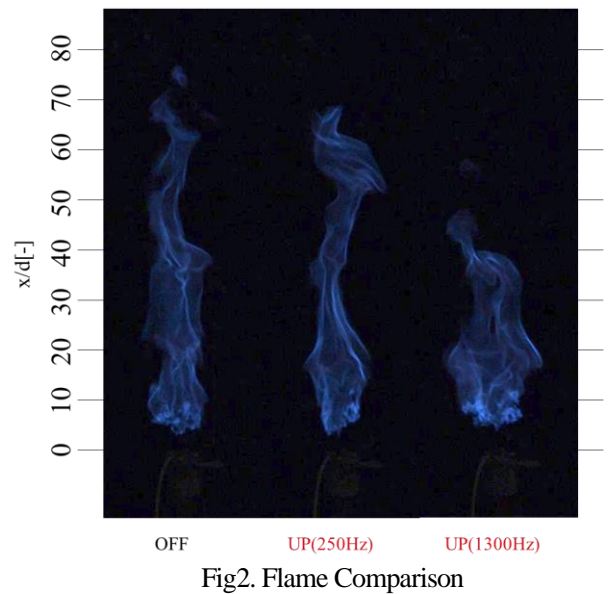


Fig2. Flame Comparison

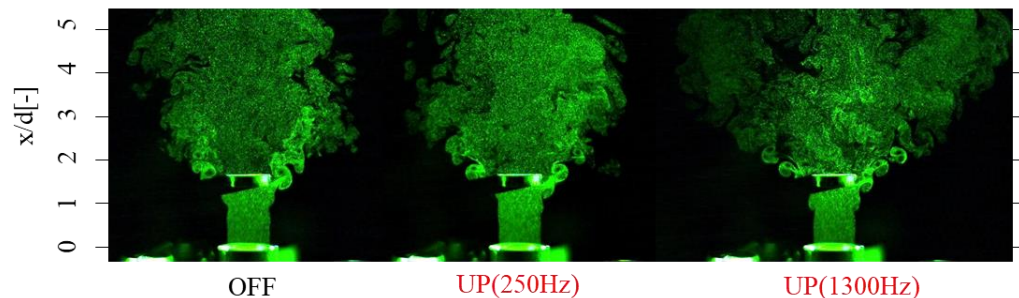


Fig3. Visualization of flame flow